

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ



Усложнение задач по оптимизации разработки новых месторождений и продлению жизненного цикла «старых», стоящих перед нефтяными компаниями России, определяет необходимость применения новейших технологий и разработок для определения свойств и характеристик продуктивных горизонтов. Только обладание полной информацией о потенциально продуктивных объектах позволяет планировать оптимальное размещение разведочных и добывающих скважин. Соответственно, оптимизация планов разведки и разработки минимизирует затраты на наиболее дорогие виды работ, такие как бурение кустов скважин и создание инфраструктуры месторождения.

Общеизвестно, что наиболее эффективным методом исследования строения недр в нефтегазовой отрасли уже многие десятилетия является сейсморазведка. В настоящее время без проведения площадных сейсморазведочных работ 3D невозможно представить себе успешный проект по разведке и разработке нефтяного или газового месторождения. При этом площадная сейсморазведка 3D имеет множество вариантов реализации либо адаптируемых для решения конкретных геологических задач, либо ориентированных на выполнение бюджета, выделенного на проведение разведочных работ или соблюдение лицензионных обязательств.

Некоторые из крупнейших нефтяных компаний России определяют приоритеты для каждой конкретной площади работ и в техническом задании к тендеру задают методику сейсморазведочных исследований, которую считают оптимальной. Однако, к сожалению, основной тенденцией продолжает оставаться выдача технических заданий по аналогии с работами прошлых лет.

За пределами России уже много лет фактическим стандартом индустрии стала широкоазимутальная сейсморазведка с повышенной плотностью регистрации данных. При этом в нашей стране переход к использованию широкоазимутальных и полноазиму-

тальных методик от узкоазимутальных, принятых ранее как стандарт по причине ограниченности ресурсов сейсморегирующего оборудования, заметно отстает от мировых тенденций.

Современные тенденции в мировой сейсморазведке направлены на решение особо сложных геологических задач. Усложнение методик регистрации и повышение плотности сейсмических данных на единицу площади существенно увеличивают количество информации, используемой в дальнейшем для построения геологических моделей месторождений. Соответственно, увеличение количества исходных данных позволяет использовать более мощ-

ный математический аппарат для их анализа и обеспечивает максимально достоверные геологические результаты.

Необходимо отметить, что результативность наиболее востребованных сегодня технологий динамической интерпретации особенно сильно зависит от качества исходных сейсмических данных. В случае отсутствия данных с расширенным спектром как в области высоких, так и в области низких частот, использование самых лучших программных пакетов для сейсмической инверсии не может гарантировать абсолютного корректный результат.

Зарубежные нефтедобывающие компании, имеющие более длительную историю работы и, соответственно, более старый фонд месторождений, столкнулись с необходимостью повышения эффективности сейсморазведки намного раньше. Еще во времена, когда в нашей стране не существовало вертикально интегрированных нефтяных компаний, западные ВИНК решали задачи повышения экономической эффективности своей деятельности на всех этапах от разведки до завершающих стадий эксплуатации месторождений. Благодаря этому уже разработаны технологии, позволяющие решать самые сложные геологические задачи с меньшими затратами на условную единицу регистрируемых данных.

Для решения специфических задач в особо сложных условиях проведения работ в настоящее время используются различные комбинации методических и технических средств — от стандартных кабельных систем регистрации с различными типами датчиков и различными типами источников до бескабельных систем регистрации с непрерывной записью и сортировкой данных по временным отметкам, синхронизируемым по спутниковым сигналам GPS/ГЛОНАСС. Появились регистрирующие системы с передачей данных по радиоканалу, сочетающие преимущества кабельных и бескабельных систем.

Все технологии и методики сейсморазведочных работ, базирующиеся на конкретных техни-

ческих средствах, имеют как свои преимущества, так и ограничения по возможности использования. Оптимальное оборудование для одних сейсмогеологических условий может оказаться совершенно неприемлемым для других.

Все крупные производители сейсмического оборудования уже много лет предлагают многокомпонентные системы регистрации, позволяющие получить информацию о полном векторе поля отраженных волн. Использование таких данных во многих случаях дает возможность прямого прогноза с разделением по типу флюидонасыщения. К сожалению, в России эта технология применяется достаточно редко. Объективным препятствием для ее распространения являются поверхностные условия в основных регионах нефтедобычи, а именно, значительная обводненность верхней части разреза. Субъективное ограничение — сравнительно высокая стоимость многокомпонентных сейсморазведочных работ. Также существенной проблемой является качественная обработка и интерпретация многокомпонентных данных. Количество высококвалифицированных специалистов в этой специфической области явно не достаточно.

Развитие стандартных технологий сейсморазведки для повышения эффективности геологических результатов шло двумя параллельными путями. Одновременно с увеличением количества регистрирующих каналов на единицу площади исследований увеличивалось количество точек возбуждения сигнала.

Крупнейшие мировые сервисные компании патентовали различные методы повышения производительности сейсморазведки с использованием виброисточников. Компании-производители регистрирующего оборудования разрабатывали системы с увеличением количества активных каналов.

Первый путь — увеличение количества точек инициации сигнала на единицу площади — может эффективно использоваться только на территориях со свободным доступом тяжелой тех-

ники, таких как пустыни, степи и тундра.

Второй путь — увеличение количества активных регистрирующих каналов — подходит для любых условий. Ни наличие развитой инфраструктуры, ни леса высших категорий, ни сложный рельеф не являются препятствием для повышения плотности точек приема сигнала.

Если в определенных регионах мы не можем использовать один из путей повышения эффективности сейсморазведки, необходимо уделять особое внимание другому варианту, не имеющему физических ограничений.

Результативность наиболее востребованных сегодня технологий динамической интерпретации сильно зависит от качества исходных сейсмических данных

Как следует из вышесказанного, для использования технологий с увеличенной плотностью точек инициации сигнала подходят наши северные тундровые территории и частично степные и полупустынные районы юга России. Необходимо отметить, что увеличе-

Оптимальное оборудование для одних сейсмогеологических условий может оказаться совершенно неприемлемым для других

ние количества взрывных скважин на единицу площади приведет к «взрывному» росту стоимости работ. В связи с этим фактором во всем мире сейсморазведочные проекты с высокой и сверхвысокой плотностью точек инициации сигнала реализуются исключительно при использовании поверхностных вибрационных источников. В нашей стране кроме вибрационных источников импортного производства имеется достаточное количество поверхностных электромагнитных импульсных источников отечественной разработки, также эффективных для проведения работ по методикам со сверхвысокой плотностью.

Рассматривая современный уровень развития технологий сейсморазведки, можно утверждать, что количество переходит в качество.

Два пути развития технологий сейсморазведки. Первый путь — увеличение количества точек инициации сигнала на единицу площади

Например, подавление волн-помех техническими средствами, исторически реализуемое изменением количества сейсмоприемников в группе и расстояний между ними, уступает место подавлению волн-помех программно-математическими методами. Повышение плотности сейсмических

Второй путь — увеличение количества активных регистрирующих каналов

данных позволяет снизить требования соотношения сигнал/шум для каждой отдельной трассы регистрации или сейсмограммы пункта возбуждения сигнала, но обеспечивает существенное повышение качества суммарных данных. Современные программные пакеты обработки дают возможность очистить полезный сигнал от шумов и случайных помех и получать информацию высокого качества даже в районах с плохими сейсмогеологическими условиями.

Современный уровень развития технологий сейсморазведки — количество переходит в качество

Подразделениями компании «ГЕОТЕК Холдинг» были проведены опытно-производственные работы 2D высокой плотности с регистрацией данных точечными группами сейсмоприемников с шагом 5 метров. Полученные результаты демонстрируют значительный прирост информативности сейсморазведки, существенное расширение спектра сигнала и повышение детальности временных разрезов. При этом необходимо отметить, что соотношение сиг-

нал/шум превышало все стандартные пределы, эффект группирования, подавляющий помехи, полностью отсутствует при регистрации точечными группами. Применение стандартных методов оценки качества полевых данных привело бы к забраковке полученных данных еще до начала предварительной обработки.

Таким образом, внедрение современных методов полевых работ требует одновременного изменения подходов к оценке качества полевых данных. Критерии формализованных подходов по определению доминантных частот, соотношений сигнал/шум в нескольких окнах анализа и прочие оценки были разработаны для определенных методик полевых работ в конкретных сейсмогеологических условиях. Сами принципы и необходимость формализованных оценок не могут подвергаться сомнению, особенно в условиях существующего дефицита квалифицированных специалистов. Однако для каждой конкретной методики и сейсмогеологических условий необходимо реализовывать гибкие подходы. Только отдельные НК демонстрируют рациональный подход к этой проблеме, соответственно, первыми используют современные технологии высшего мирового уровня и получают высококачественные результаты сейсморазведочных работ.

К сожалению, в общей практике технические параметры оценки качества, подходящие для сейсмических съемок с низкой или средней кратностью, механически переносятся на методики с высокой и сверхвысокой кратностью данных, что существенно ограничивает возможности реализации современных эффективных исследований. Как минимум, завышенные критерии оценки качества вызывают снижение расчетной производительности работ и соответствующее возрастание цены.

Результаты сейсморазведочных работ, выполненных с применением всех современных технических средств и методик на полевом этапе, обработанных и проинтерпретированных с применением самых современных программных пакетов, существенно

превосходят по своей эффективности результаты стандартных исследований.

На данный момент наиболее современным аппаратно-программным комплексом, реализующим все возможности сейсморазведки, является технология UniQ, созданная специалистами компании WesternGeco (Schlumberger). Данная технология позволяет использовать от десятков до сотен тысяч активных каналов, регистрирующих сейсмический сигнал с любой необходимой плотностью. При необходимости использовать высокопроизводительные методики сейсморазведочных работ с вибрационными или импульсными поверхностными источниками, центральная регистрирующая и управляющая система позволяет поддерживать работу десятков групп источников в произвольной конфигурации.

Полевые данные, полученные по технологии UniQ, дают возможность решить все самые сложные геологические задачи в пределах физических ограничений метода сейсморазведки.

Основными преимуществами технологии являются следующие возможности:

- Реализация суперплотных систем наблюдения для целей уменьшения шага пространственной дискретизации данных;
- Использование полевого оборудования нового поколения, обеспечивающего расширение частотного спектра на аппаратном уровне. Уникальная конструкция точечных датчиков сигнала уже на входе гарантирует регистрацию частот от 4 Гц вместо стандартных 10 Гц.
- Сверхвысокое количество активных каналов позволяет формировать любые произвольные конфигурации систем наблюдения как с линейными, так и с площадными апертурами регистрирующих групп.
- Обработка UniQ данных с использованием алгоритмов и процессов, позволяющих в процессе обработки эффективно подавить помехи, обеспечить получение данных с



высоким соотношением сигнал/помеха и значительно расширенным частотным спектром (как со стороны высоких частот, так и со стороны низких).

Соответственно, можно обеспечить существенное улучшение результатов разведочных работ для особо сложных районов с подсолевыми структурами, надвигаемыми и иной осложненной тектоникой, траповыми интрузиями, тонкослоистыми коллекторами, малыми разностями акустических импедансов продуктивных и непродуктивных толщ.

В итоге решаются задачи повышения разрешенности и улучшения геологических результатов сейсморазведочных работ, определения характеристик продуктивных пластов для повышения результативности бурения добывающих скважин, выделения продуктивных зон, не затронутых разработкой на старых месторождениях.

Фактически при использовании технологии UniQ, оптимизированной под конкретную площадь исследований, одновременно решается чрезвычайно широкий круг задач, требующих проведения нескольких различных видов работ при использовании стандартных методов.

В дополнение к вышесказанному необходимо отметить несколько моментов, осложняющих распространение современных технологий.

Необходимость соблюдения конфиденциальности информации приводит к ограничениям обмена опытом и иного взаимодействия между геолого-геофизическими службами

различных нефтяных компаний. Соответственно, существенно ограничивается возможность быстрого распространения новых технологий сейсмических исследований, обеспечивающих повышение эффективности разведочных работ, даже в случае их успешного использования одной из НК.

В отличие от времени действия Министерства геологии и Миннефтепрома СССР, фактически обеспечившего современный ресурсный потенциал всех нефтяных компаний, сегодня ситуация в отрасли достаточно не однородна. Нефтяные компании, создавшие сильные и эффективные геолого-геофизические службы, реализуют проекты сейсморазведочных исследований, обеспечивающие максимальную отдачу от затрат на разведочный этап. Другие нефтяные компании, ориентирующиеся только на соблюдение принципов минимальной цены сейсморазведочных работ, используют стандартные технологии, теоретически позволяющие решить геологические задачи, но фактически не обеспечивающие необходимые перспективы развития ресурсной базы.

Приведем примеры взвешенного подхода к реализации этапа геологоразведочных работ из практики последних лет.

Компания ТНК-ВР фактически сделала стандартом широкоазимутальную методику сейсморазведки 3D с 20 активными линиями регистрации данных. Полученная по данной методике информация существенно расширяет возможности определения коллекторских свойств продуктивных пла-

стов и позволяет оптимизировать размещение скважин. ЛУКОЙЛ на особо сложном объекте уже не первый год заказывает сейсморазведочные работы по истинно полноазимутальной методике с 36 активными линиями регистрации и получает необходимую информацию о строении кровли солей и подсолевых отложений. Учитывая сложность и высокую стоимость бурения на подсолевые горизонты, некоторое увеличение затрат на сейсморазведку многократно сократит расходы на основных этапах разработки месторождения.

Для морских мелководных сейсморазведочных работ на севере Каспия также предусматривается реализация методики полноазимутальной сейсморазведки, позволяющей определить зоны улучшенных коллекторских свойств и оптимизировать затраты на разработку.

Технология UniQ позволяет использовать от десятков до сотни тысяч активных каналов, регистрирующих сейсмический сигнал с любой необходимой плотностью

Реализация подобных проектов требует одновременного использования до 15–20 тыс. регистрирующих каналов. Подобные работы могут реализовывать только самые крупные сейсморазведочные компании, имеющие возможность мобилизовать необходимое количество оборудования и опытный высококвалифицированный персонал. 